城市燃气系统中的智能化管理与调度技术

刘瑞鹏

洛宁中石油昆仑燃气有限公司　河南　郑州　471700

摘　要：城市燃气系统属于城市能源供应体系里的重要组成部分，这套系统运行是否稳定，调度工作是否准确，会直接影响城市供气保障和能源的有效使用，针对传统燃气系统运维响应慢，调度方式粗糙，难以适配工况变化等问题，文章围绕智能管理与调度相关技术，分析技术运行逻辑，研究这类技术在运维、负荷调节、风险管控方面带来的提升，为燃气系统向着精细化与智能化方向改进提供理论和技术层面的参考。

关键词：城市燃气系统；智能化管理；智能调度；能源优化；工况感知

引言：城镇化进程的持续推进与城市用能结构的优化升级，推动城市燃气管网覆盖范围持续扩大、用户体量不断增长，燃气系统运行工况愈发复杂，传统人工值守、经验式调度的管理模式已难以适配规模化、动态化的供气需求。传统燃气管理模式存在数据采集滞后、工况研判片面、调度响应迟缓、资源配置低效等诸多短板，极易造成燃气能源浪费与系统运行隐患。在此背景下，将智能化感知、数据分析与动态调度技术融入燃气系统运维全流程，成为破解行业发展瓶颈、提升燃气系统运行效能的核心路径，也是现代城市能源基础设施升级的必然趋势。

1 城市燃气系统智能化发展核心概述

城市燃气系统是集管网输送、压力调控、气源分配、终端供气于一体的综合性能源输送体系，具备覆盖范围广、工况动态波动、联动节点多、连续性运行的核心特征，整体运行状态受时段用气负荷、终端用户类型、管网损耗、环境温度等多重因素叠加影响。智能化管理与调度技术的核心价值，在于打破传统燃气系统各环节的数据孤岛与运维壁垒，依托数字化、智能化技术手段，实现燃气系统运行数据的全域感知、工况状态的精准研判、供气调度的动态适配与设备运维的主动预判，构建全流程、立体化、动态化的燃气运行管控体系。相较于传统粗放式管理模式，智能化体系摒弃了单一的经验判断逻辑，以多维度数据为核心支撑，实现燃气气源分配、管网压力调控、设备状态管控、负荷平衡调节的精细化管控，有效弥补传统模式响应滞后、管控片面、适配性差的短板，全面提升燃气系统的运行稳定性、能源利用效率与运维管控质量，契合现代城市能源系统高效、安全、低碳的发展核心诉求[1]。

2 城市燃气系统智能化管理与调度核心技术体系

2.1 全域智能感知技术

全域智能感知技术是燃气系统智能化管控的基础前提，核心作用是实现管网、设备、气源、终端用气状态全维度数据的实时、精准采集，彻底解决传统模式数据采集稀疏、滞后、片面的问题。该技术依托分布式智能传感终端、物联网采集模块，实现燃气管网压力、流量、温度、压差等核心运行参数的不间断采集，同时完成调压设备、阀门设备、增压设备等核心设施的运行状态、启停参数、工况波动数据的实时收录，覆盖主干管网、分支管网、小区终端管网等全层级管网节点。区别于传统定点、定时的数据采集模式，智能感知技术具备高频采集、全域覆盖、同步传输的优势，可精准捕捉燃气系统细微工况波动，为后续数据分析与调度决策提供完整、真实、实时的数据基底。同时，感知终端具备自适应适配能力，可适配不同管径、不同运行环境的管网工况，有效规避环境干扰带来的数据偏差，保障数据采集的精准度与稳定性。

2.2 多源数据融合分析技术

燃气系统运行过程中产生的数据具备多维度、多类型、海量性的特征，单一维度数据无法完整反映系统整体运行状态，多源数据融合分析技术的核心价值便是实现各类异构数据的整合、清洗、关联与深度挖掘。该技术可整合感知终端采集的管网运行数据、设备工况数据、终端用气负荷数据，同时联动环境温度、时段属性、用气场景等关联数据，打破各数据模块的孤立状态，构建一体化燃气运行数据库。通过数据清洗、降噪、归一化处理，剔除异常数据与无效数据，保障数据的有效性；依托数据关联挖掘算法，精准梳理不同参数

之间的耦合关系，明确用气负荷波动规律、管网损耗变化特征、设备工况变化趋势，实现对燃气系统运行状态的全方位、深层次研判。该技术有效解决了传统模式数据利用率低、数据分析片面、规律研判模糊的问题，为智能调度决策提供科学、精准的数据支撑，让调度管控摆脱经验依赖，实现数据驱动的精准管控[2]。

2.3 动态智能调度技术

动态智能调度技术作为燃气系统智能管控里的核心执行单元，它依靠前端采集到的感知信息和数据处理结果，完成气源分配，管网压力，供气负荷的动态调节工作，传统燃气调度大多采用固定参数开展调控，很难跟上用户用气负荷的实时变化，常会出现用气高峰供气缺口，用气低谷气源闲置，管网压力失衡等状况，这套智能调度技术依靠大量历史记录和实时运行信息，搭建自适应的调度逻辑，它能够按照不同时段，不同片区的用气需求，灵活改变气源输送规模，管网运行压力，分支管道供气比例，维持整体供气负荷的均衡状态，技术本身还可以适配工况变化，妥善处理突发用气波动，管网工况微调这类情况，快速修改调度参数，维持供气持续稳定，减少管道输送过程里的燃气损耗，提高能源的利用水平。

2.4 设备智能运维管控技术

燃气设备的稳定运行是燃气系统持续供气的核心保障，设备智能运维管控技术聚焦燃气系统各类核心设备的全生命周期状态管控，实现从被动故障维修向主动预判运维的转型。该技术通过实时收录调压阀、流量计、增压机、截断阀等核心设备的运行参数，建立设备工况基准模型，实时比对设备运行状态与标准工况的偏差，精准识别设备轻微异常、性能衰减、运行偏移等隐性问题，提前预判设备故障发生概率，实现故障前置预警。同时，系统可根据设备运行时长、工况波动频率、损耗状态，自动生成差异化运维方案，明确运维重点、运维时段与管控要点，规避传统定期运维的盲目性，有效降低设备故障发生率，延长设备使用寿命，保障燃气系统整体运行的稳定性与可靠性。

3 城市燃气系统智能化管理与调度技术的深度应用体系

3.1 全维度实时工况智能监测

全维度实时工况智能监测属于智能化燃气系统的基础应用模块，该模块依靠全域感知与数据传输手段搭建覆盖范围完整、持续运行的管网及设备状态监测体系，能够改变过去依靠人工巡检、定时采集数据带来的滞后问题与管控局限。监测体系可以对城市范围内的燃气管网开展分级监测工作，针对主干输送管网、区域分配管网以及末端入户管网等不同层级管道，布设规格存在差异的感知采集点位，持续收集各个片区管网内部压力、气体流量、输送效能与损耗水平等关键参数，同步更新整套系统的运行状态图谱。对比传统监测手段，智能监测体系拥有采集频次高、测量精度好、覆盖区域广的特点，可以捕捉人工巡查难以察觉的微小工况变化，快速定位管网压力失衡、局部输气不通、轻微损耗异常等隐蔽问题；监测所得数据还能在数字化平台完成可视化展示，直观呈现全域燃气系统运行情况，自动识别工况异常信息并及时发出预警，运维人员由此能够随时掌握系统整体运行状态，为后续调度优化以及设备维护处置提供准确参考，也能从源头提升燃气系统运行管控的主动性与精确程度[3]。

3.2 用气负荷智能预测与动态优化

城市燃气终端用气负荷具备极强的动态波动性，受昼夜时段、季节更替、天气变化、用户结构、生产生活节律等多重因素影响，负荷波动的随机性与差异性较强，是燃气调度管控的核心难点。传统调度模式缺乏对用气负荷的精准预判，仅能依靠历史经验进行粗略调控，极易造成高峰时段供气缺口、低谷时段气源冗余浪费、局部区域供气失衡等问题。智能化负荷预测与优化模块依托大数据挖掘与智能算法模型，整合长期历史用气数据、实时工况数据、环境关联数据，深度挖掘不同场景下的用气负荷波动规律，构建自适应的负荷预测体系，可精准预判短期、中期、长期的全域及分区用气负荷变化趋势。基于精准的负荷预测结果，系统可自动完成供气方案的前置优化，提前调整气源输送配比、管网压力阈值、区域供气额度，实现供气供给与用户需求的精准匹配。针对早晚用气高峰、季节用气切换、极端天气用气波动等特殊场景，系统可快速完成负荷适配调整，平衡全域供气负荷，规避局部供气过载或供气闲置问题，大幅提升燃气供气的精准性与能源利用效率，实现燃气资源的合理化配置。

3.3 管网输气效率智能优化调控

城市燃气管网结构复杂、分支繁多，管网输送过程中存在沿程损耗、局部阻力损耗等固有损耗，传统管控模式无法实现损耗的精准管控与优化，长期运行下会造成大量燃气能源浪费，同时影响管网供气稳定性。管网输气效率智能优化调控模块，以多源数据融合分析为核心，精准梳理管网损耗分布特征与输气瓶颈节点，针对性开展动态优化调控。系统通过分析不同管网区段的流

量、压力、阻力参数，识别输气效率偏低、损耗偏高的薄弱管网区段，结合全域用气负荷分布情况，动态优化管网运行压力梯度与输气路径。通过智能调控各分支管网的阀门开度、供气流量、运行压力，优化管网整体输气工况，降低管网沿程阻力与局部损耗，打通输气瓶颈，提升全域管网输气均衡性。同时，该模块可根据管网老化程度、工况运行状态，动态微调运行参数，避免长期固定参数运行造成的管网工况固化、损耗加剧等问题，持续优化管网输气性能，在保障供气安全稳定的前提下，最大限度降低燃气输送损耗，提升燃气系统整体输气效率与能源利用率[4]。

3.4 系统运行风险智能预判与防控

城市燃气管网长期埋地运行、设备长期连续作业，受管网老化、环境侵蚀、设备性能衰减、工况波动等因素影响，运行过程中存在各类潜在风险隐患，传统风险管控模式以事后处置、人工排查为主，预判性与精准性不足，难以实现隐患的前置防控。智能化风险预判与防控模块，依托设备工况数据、管网运行数据、历史隐患数据，构建风险识别与研判模型，实现燃气系统运行风险的全方位、前置化管控。系统可实时比对设备、管网的实时运行参数与标准工况阈值，精准识别压力异常波动、流量突变、设备运行偏移、管网损耗骤增等风险信号，自动研判风险等级、风险类型与风险影响范围，实现隐患的提前预警。针对轻微隐患，系统可自动推送运维整改建议，指导精细化处置；针对高危风险隐患，系统可快速触发预警机制，同步联动管网调控模块，及时调整周边管网供气工况，规避风险扩散。同时，系统可通过海量数据积累，梳理燃气系统风险发生规律，形成常态化风险防控机制，持续优化风险识别模型，提升隐患预判精准度，实现从被动处置风险向主动防控风险的转型，全方位筑牢燃气系统稳定运行的安全屏障。

3.5 全域运维调度一体化协同管控

传统城市燃气运维和调度业务是相互分开的，运维工作主要承担设备故障检修还有管网巡检，调度工作重点负责气源供给以及负荷调节，两类业务的数据无法互通，作业也缺少联动，常会带来运维处置偏慢，调度调整不及时，资源分配不够合理等情况，整体管控效率也就不高，全域运维调度一体化协同管控模块能够打通运维与调度之间的业务阻隔，搭建数据互通，联动响应，闭环管理的一体化运行框架，支撑燃气系统运维，调度，管控全流程协同运作，该模块会汇总运维记录，设备状态，调度工况，用户用气等各类信息，搭建一体化管控平台，实现各环节数据实时共享，运行状态同步联动，一旦设备或是管网出现工况波动，系统就会同步启动隐患处置和调度参数调整，在运维人员开展检修的同时稳定周边供气，减少供气波动，系统还可以结合全域运维需求优化人力，设备与气源的分配，统一规划各项作业时间，减少任务重复或是资源闲置，这套协同模式能够让系统运行状态，隐患处置，调度调整做到动态匹配，以此提升城市燃气系统的智能管控与精细化管理水平[5]。

结束语：现代城市燃气系统想要完成升级转变，智能化管理和调度技术就是重要支撑，这类技术能够改善传统管控方式管控粗糙，反应迟缓，能源利用差，隐患处置能力不足等问题，文章整理了这套智能技术的组成与应用思路，分析不同模块的作用，技术持续更新之后，燃气管控会变得更加精细，供气的整体水平也能得到持续提高。

参考文献

[1] 张明明, 刘芳. 城市燃气系统中的智能化管理与调度技术 [J]. 石化技术,2025,32(3):447-448.

[2] 张晓平. 智能化技术在城市燃气运行管理中的应用 [J]. 区域治理,2025,(25):0131-0133.

[3] 刘乾. 数字孪生技术在燃气施工运维管理中的应用研究 [J]. 石油石化物资采购,2026,(2):61-63.

[4] 王子铭, 陈剑文. 智慧燃气工程电气控制系统智能化应用研究 [J]. 奥秘,2026,(15):112-114.

[5] 杨慧, 段文文. 数字化技术在城市燃气工程设计施工中的应用与创新 [J]. 新潮电子,2026,(16):238-240.